

## MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS: VENTAJAS Y LIMITACIONES

**SERGIO LECINA, DANIEL ISIDORO, ENRIQUE PLAYÁN, RAMÓN ARAGÜÉS.** *Unidad de Suelos y Riegos (asociada a la EEAD-CSIC). Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA). Avda. Montañana 930. 50059 Zaragoza (España). [slecina@aragon.es](mailto:slecina@aragon.es); [www.cita-aragon.es](http://www.cita-aragon.es)  
Departamento de Suelo y Agua. Estación Experimental de Aula Dei (CSIC). Apdo. 13.034. 50080 Zaragoza (España) [www.eead.csic.es](http://www.eead.csic.es)*

### EL USO Y EL CONSUMO DE AGUA

En este artículo se analizan los efectos de la modernización de regadíos sobre el aprovechamiento del agua, su contaminación y la productividad de las explotaciones de Riegos del Alto Aragón (RAA). El objetivo es aportar información que resulte útil para tomar decisiones en la gestión de explotaciones y comunidades de regantes, y en la planificación de la zona regable.

Antes de abordar este estudio, vamos a revisar la diferencia entre el uso y el consumo de agua. Dos conceptos que con frecuencia se utilizan indistintamente, pero que tienen significados diferentes. Su distinción se basa en la capacidad que tiene el agua de ser reutilizada. Así, el uso hace referencia al volumen total de agua que se aplica para regar, y que es el que se factura. Sin embargo, el consumo únicamente se refiere a la parte del agua usada que no puede reutilizarse tras su aplicación en una parcela. Esta distinción es importante, puesto que permite conocer el volumen de agua que una zona regable realmente elimina de la cuenca, dejando por tanto de estar disponible para otros usuarios situados aguas abajo.

Para determinar qué parte del agua usada es consumida, es necesario fijarnos en el destino del agua de riego. En general, pueden distinguirse dos destinos principales:

1. La evapotranspiración: incluye la transpiración de las plantas y la evaporación directa. La evapotranspiración de los cultivos, al ser necesaria para producir las cosechas, se considera productiva, mientras que la de las malas hierbas, o la evaporación desde acequias y balsas resulta improductiva. En ambos casos, el agua se transforma en vapor que llega a la atmósfe-

ra, donde no se puede volver a utilizar en la cuenca. Por tanto, la evapotranspiración supone un consumo de agua.

2. La escorrentía y percolación: el agua usada que no es evapotranspirada en la parcela sale de la misma superficialmente por escorrentía, y percolando a través del suelo por debajo de la zona explorada por las raíces del cultivo. Dependiendo de la localización de la parcela en la cuenca, esta parte del agua usada puede retornar a ríos o acuíferos donde, si su calidad lo permite, puede volver a reutilizarse, no suponiendo por tanto un consumo de agua. Este es el caso de RAA. Si estos retornos se vierten directamente al mar, a lagos salados o a acuíferos no explotables, no podrán reutilizarse, por lo que en este caso la escorrentía y percolación sí que supondría un consumo de agua.

El volumen del agua usada en RAA se determina mediante la medición del caudal que se sirve diariamente a las comunidades para satisfacer sus peticiones. Sin embargo, su consumo es más difícil de calcular, puesto que para ello se requiere estudiar los destinos del agua de riego mediante balances de agua.

En este trabajo hemos estimado el consumo de agua de RAA, distinguiendo las comunidades que riegan por gravedad y las que riegan por aspersión. Para ello hemos utilizado datos de ADOR y de otras fuentes, así como los resultados de diversos trabajos de investigación realizados en RAA.

### RIEGOS DEL ALTO ARAGÓN ANTES DE LA MODERNIZACIÓN

El estudio se realizó para las campañas 2003 y 2004, en las que no hubo restricciones de agua. El

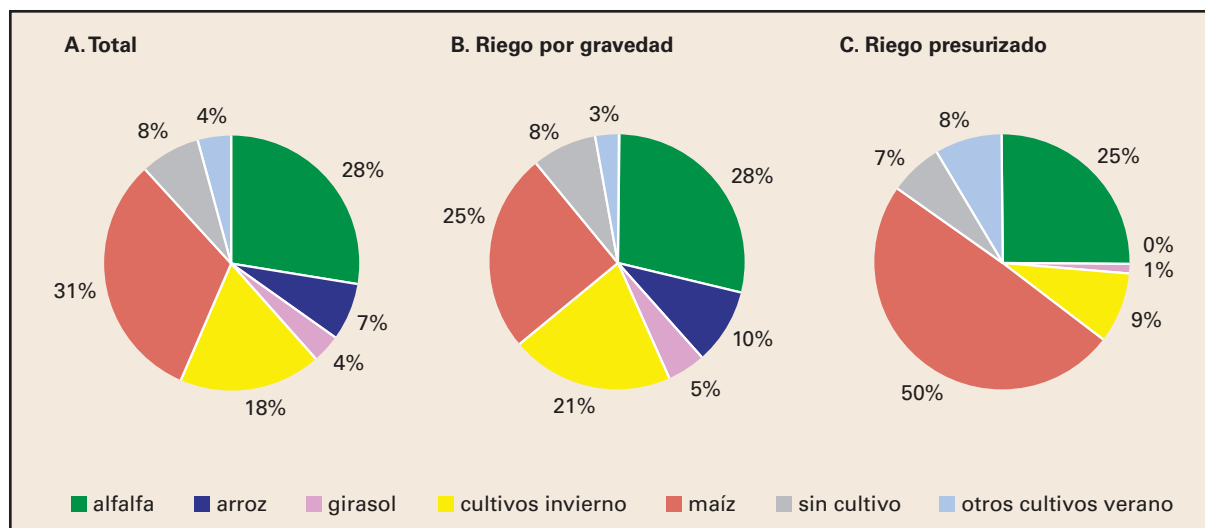


Figura 1. Patrón de cultivos por sistema de riego en la zona regable de Riegos del Alto Aragón. Promedio de las campañas 2003 y 2004.

patrón de cultivos se caracterizó por presentar las comunidades con riego por aspersión una mayor proporción de cultivos de verano, al tener sus redes presurizadas mayor capacidad de transporte de agua (Figura 1). En estas campañas todavía no se habían realizado modernizaciones que supusieran cambio de sistema de riego.

La Tabla 1 muestra el promedio de los resultados obtenidos, de los que cabe destacar lo siguiente:

- El agua usada (aplicada) en las comunidades con riego por aspersión (6.247 m<sup>3</sup>/ha) fue un 8% superior respecto a las de riego por gravedad (5.762 m<sup>3</sup>/ha). La razón fue la mayor superficie dedicada a maíz y alfalfa, con mayores necesidades de riego, y la reutilización parcial de los retornos de riego (escorrentía y percolación) en las comunidades con riego por gravedad.
- El consumo de agua fue un 48% superior en el riego por aspersión. La evapotranspiración productiva fue mayor en estas comunidades debido a la mayor superficie de cultivos de verano, y a la mayor frecuencia y uniformidad del riego por aspersión. La evapotranspiración no productiva también fue notablemente superior en aspersión, como consecuencia de la evaporación y arrastre parcial de las gotas de agua emitidas por los aspersores durante su trayecto hasta el cultivo y el suelo. Estas pérdidas pueden oscilar entre el 10 y el 20% del agua aplicada.
- El consumo productivo (evapotranspiración de los cultivos) respecto al consumo total fue mayor en riego por gravedad (95%) que en

aspersión (83%), como consecuencia de las pérdidas por evaporación y arrastre. Para el conjunto de RAA, el agua consumida productivamente fue del 91%. Esta cifra indica que es escaso el margen para ahorrar agua sin reducir la producción agrícola en RAA, pues únicamente puede ahorrarse agua si se reduce su consumo.

- La escorrentía y percolación en parcela fue unas diez veces superior en el riego por gravedad que en el riego por aspersión, debido a la menor eficiencia de riego en parcela. La reutilización parcial de estos retornos en las propias comunidades de riego por gravedad redujo el volumen de retornos de riego que salieron de RAA. Dicho volumen fue un 24% del volumen total usado. Una pequeña parte de este volumen no pudo ser reaprovechado aguas abajo de RAA debido a que fue interceptado por lagunas saladas.
- La mayor escorrentía y percolación en las comunidades con riego por gravedad supuso una mayor exportación de contaminantes hacia los ríos. Estudios realizados en diversas zonas de RAA mostraron como en el riego por gravedad se perdían en torno a 89 kg de nitrato por hectárea a través de los retornos de riego, frente a una media de 31 kg en aspersión. Esta diferencia también supone un sobrecoste económico para las explotaciones. De forma similar, la contaminación salina de las aguas fue mayor en zonas de gravedad cuando en el subsuelo existían estratos ricos en sales.



Figura 2. Dos imágenes del río Flumen tomadas el 8 de septiembre de 2006. A la izquierda, en Lascasas, antes de llegar a Riegos del Alto Aragón. A la derecha, en Almuniente, tras adentrarse 18 km en Riegos del Alto Aragón.

- Finalmente, la productividad neta del suelo (descontados los costes) fue un 51 % superior en las comunidades por aspersión (748 €/ha) respecto a las de gravedad (495 €/ha), debido a la mayor superficie de maíz y alfalfa, y a los mayores rendimientos obtenidos. Por el mismo motivo, la productividad neta del agua usada fue un 40 % superior (0,120 €/m<sup>3</sup> frente a 0,086 €/m<sup>3</sup>), lo que resulta de gran importancia para el regante en campañas con cupos de agua.

Estos resultados indican que la mayor productividad del riego por aspersión requiere un mayor consumo de agua, a pesar de que el agua se aplique de forma más eficiente en parcela. Las consecuencias que este hecho puede tener en RAA tras la modernización de su regadío se estiman a continuación.

### RIEGOS DEL ALTO ARAGÓN TRAS LA MODERNIZACIÓN

En esta parte del trabajo se analizó cómo sería el balance de agua y la productividad si se considerase completado el proceso de cambio de sistema de riego en las 52.318 ha que se están modernizando. En estas comunidades se estimó un incremento del 16 % de la superficie dedicada a cultivos de verano respecto al patrón de 2003-2004, debido a la mayor capacidad de sus redes presurizadas. Por el contrario, dichos cultivos se redujeron un 27 % en las comunidades con riego por gravedad, debido a su pérdida de competitividad. Estos porcentajes se basan en las comunidades que en 2003-2004 presentaron los patrones más y menos intensificados, respectivamente. El resto de condiciones se consideraron idénticas a las de 2003-2004. Los resultados

obtenidos para todo el sistema de RAA fueron los siguientes (Tabla 1):

- El consumo de agua se incrementó un 24 % (130 hm<sup>3</sup>) tras la modernización, debido al aumento de la evapotranspiración de los cultivos regados por aspersión, y a las pérdidas por evaporación y arrastre de este sistema de riego. Tras la modernización, la superficie regada por gravedad será minoritaria (36.000 ha).
- La escorrentía y percolación disminuyó un 32 % (-59 hm<sup>3</sup>) por la mejora de la eficiencia. Esta reducción debe suponer, además, una disminución de la exportación de contaminantes desde RAA. No obstante, puede significar una disminución importante del caudal en los cursos de agua cuyos caudales provienen mayoritariamente de los retornos del riego por gravedad durante el verano (Figura 2).
- El uso o demanda de agua se incrementó un 11 % (79 hm<sup>3</sup>), debido a que el aumento de la evapotranspiración fue superior a la disminución de la escorrentía y percolación.
- El valor neto de la producción agraria se incrementó un 28 % (19 M€). La diferencia en productividad neta del suelo entre las comunidades que modernizan y las que no se estimó en torno a 350 €/ha (ya deducidos sus costes de operación). Este valor es similar a la amortización media anual de la inversión en modernización. Debe considerarse que estas productividades se corresponden con los precios de cultivos y factores de producción de 2003-2004. Las variaciones de los mismos influirán directamente en el patrón de cultivos y la productividad agraria en el futuro.

	Gravedad 2003-2004	Aspersión 2003-2004	RAA 2003-2004	RAA tras moderniz.
SUPERFICIE* (ha)	88.325	32.429	120.754	120.754
ENTRADAS** –agua usada– (hm <sup>3</sup> )	509	203	711	790
SALIDAS** (hm <sup>3</sup> )				
Evapotranspiración	337	190	526	664
Evapotranspiración productiva	332	157	489	578
Evapotranspiración no productiva	5	33	38	86
Escorrentía/Percolación	172	13	185	126
Escorrentía/Percolación no recuperable	13	0	13	5
Escorrentía/Percolación recuperable	160	13	172	121
INDICADORES HIDROLÓGICOS				
Volumen unitario usado (m <sup>3</sup> /ha)	5,762	6,247	5,892	6,546
Volumen unitario consumido (m <sup>3</sup> /ha)	3,953	5,860	4,465	5,544
Consumo sobre uso total (%)	69	94	76	85
Consumo productivo sobre consumo total (%)	95	83	91	86
INDICADORES ECONÓMICOS				
Valor neto de la producción (M€)	44	24	68	87
Productividad neta del suelo (€/ha)	495	748	563	719
Productividad neta del agua usada (€/m <sup>3</sup> )	0,086	0,120	0,096	0,110

(\*) No se ha incluido la superficie de viñedo regada por goteo ni el sector XXXVII del Canal del Cinca, todavía en transformación durante el periodo de estudio.  
(\*\*) Los valores están redondeados a números enteros.

Tabla 1. Balance de agua e indicadores hidrológicos y económicos de la zona regable de RAA. Promedio de las campañas 2003 y 2004.

## CONCLUSIONES

- La modernización del regadío va a incrementar la productividad potencial de las explotaciones de RAA.
- Este incremento de productividad potencial supone un mayor consumo de agua, por lo que no se espera que la modernización de RAA ahorre agua.
- La mejora de la eficiencia de riego en parcela va a disminuir la contaminación agraria de las aguas, al reducirse el volumen de retornos de riego.
- La modernización de las infraestructuras es necesaria, aunque puede no ser suficiente

para mejorar la rentabilidad de las explotaciones. Modernizar la gestión agronómica y del agua, así como la económico-financiera o la comercial también será necesario.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias a la colaboración del personal de la Comunidad General de RAA y de sus Comunidades de Regantes, de las empresas Ager ingenieros S.L., Supraweb S.L., y Soster S.L., y de la Oficina del Regante que participaron en el proyecto de incorporación del sistema de gestión ADOR en RAA (2001-2005).

## BIBLIOGRAFÍA

Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E., Aragüés, R. 2009. *Efecto de la modernización de regadíos sobre la cantidad y la calidad de las aguas: la cuenca del Ebro como caso de estudio*. Monografía INIA n.º 26. Serie Agrícola. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Ciencia e Innovación. Madrid (España). 92 pp. Disponible en <http://hdl.handle.net/10261/20127>

Lecina, S., Isidoro, D., Playán, E., Aragüés, R. 2010. Irrigation Modernization and Water Conservation in Spain: The Case of Riegos del Alto Aragón. *Agricultural Water Management*, 97, 1663-1675. Disponible en <http://hdl.handle.net/10261/27372> y <http://hdl.handle.net/10532/1548>